Die Verteilung der submersen Makrophyten in der schilffreien Zone des Neusiedler Sees[1)]

Von FRITZ SCHIEMER und PABLO WEISSER

Limnologische Lehrkanzel und Pflanzenphysiologisches Institut, Universität Wien

Mit 6 Abbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung der math.-nat. Klasse am 23. April durch das w. M. W. Kühnelt)

1. Einleitung

Eine Kartierung der Makrophytenbestände erwies sich im Rahmen einer produktionsbiologischen Untersuchung des Neusiedler Sees in mehrfacher Hinsicht als notwendig. Es ist augenscheinlich, daß die submersen Wasserpflanzen nicht nur als leicht erfaßbare Indikatoren von Standortsbedingungen verwendet werden können, sondern daß sie auch wesentlich an der Entstehung dieser Standortsbedingungen mitbeteiligt sind.

Ihre Wirkung ergibt sich durch eine Herabsetzung der Wasserturbulenz, die eine erhöhte Sedimentationsrate der anorganischen Trübe und damit bessere Lichtbedingungen zur Folge hat.

Daneben kommt es durch die stärkere Sedimentation und Detritusbildung zu einer vermehrten Anlagerung von detritusreichem Weichschlamm innerhalb des Pflanzengürtels.

Frühere Arbeiten konnten eine Korrelation zwischen der Ausbildung des Weichschlammgürtels, den edaphischen Faktoren und der quantitativen und qualitativen Verteilung der Bodenfauna zeigen (SCHIEMER, LÖFFLER und DOLLFUSS 1969). Damit ist auch eine enge Bindung der Fischfauna an diesen Gürtel zu erwarten.

In der Folge wird zu prüfen sein, ob dieser Zone auch eine reichere Planktonentwicklung zukommt.

1) 6. Beitrag des IBP-PF Neusiedler See

Daneben scheinen zwei weitere Fragen von Bedeutung zu sein, für die diese Arbeit zwar keine Lösung gibt, aber als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen kann:

Erstens die Frage, welcher Anteil an der Primärproduktion der freien Seefläche den Weichkrautgesellschaften zukommt;

und zweitens, welche Veränderungen in der Ausbildung des Makrophytengürtels bei künstlichen Eingriffen in den Wasserhaushalt des Sees zu erwarten sind (siehe Kopf 1967).

2. Limnologische Charakteristik des Neusiedler Sees

Eine Beschreibung des Sees von limnologischem Standpunkt ist bereits mehrfach erfolgt und kann hier kurz gefaßt werden.

Im Zusammenhang mit der Makrophytenkartierung ist besonders auf die große Ausdehnung der freien Seefläche (124 km² nach Kopf 1967) bei einer durchschnittlichen Wassertiefe von etwa 1 m hinzuweisen. Dies bedingt, zusammen mit der windexponierten Lage, eine häufige und intensive Durchmischung der gesamten Wassermasse, die eine Verfrachtung von Bodenmaterial und eine hohe anorganische Trübe des Seewassers zur Folge hat.

Das Seewasser weist einen erhöhten Salzgehalt auf, der allerdings während der letzten Jahre, parallel mit einer Anhebung des Wasserspiegels, etwas abnahm. Von den gleichzeitigen Veränderungen in der Ionenzusammensetzung ist der Rückgang des Sodaanteiles besonders hervorzuheben (Neuhuber 1971).

Von besonderem Interesse für die Makrophytenverteilung sind die Substratbedingungen:

Der Seeboden besteht weitflächig aus einem sehr feinen, verschieden fest gelagerten Material. Die starke Wellenwirkung — in ihrer Stärke und Richtung windbedingt (Hauptwindrichtung NW) — hat eine Erosion zentral gelegener Seeböden zur Folge, die dementsprechend fest sind. Die erodierten Partikel werden als Weichschlamm in Gebieten geringerer Wasserturbulenz, besonders am Rand der Schilfzone, innerhalb von Buchten und im Makrophytengürtel abgelagert (Tauber und Wieden 1959, Löffler 1971). Die mächtigsten Schlammablagerungen befinden sich in den südlichen, westlichen und nördlichen Randgebieten des Sees. Entlang des exponierten Ostufers ist der Seegrund durch Beimischungen von Sand und Schotter gröber strukturiert.

3. Untersuchungsmethode

In Anlehnung an BRAUN-BLANQUET (1964) bedienten wir uns eines Schätzverfahrens, das die Pflanzendeckung in Prozent der Probenfläche in einer 5stufigen Skala darstellt:

5 = 75—100%
4 = 50— 75%
3 = 25— 50%
2 = 5— 25%
1 = unter 5%

Vom Boot aus wurde entlang von 33 Profilen (siehe Abb. 1) in Abständen von 100, seltener 200 Metern die pflanzliche Gesamtbedeckung und der Deckungsgrad der einzelnen Arten bestimmt. Die Schätzung bezog sich jeweils auf eine quadratische Probenfläche von 1000 m^2. Die Markierung der Profile erfolgte mittels Porozellbojen. Die Probenpunkte wurden mit einem optischen Entfernungsmesser eingemessen. Bei 0% Deckung wurde gegebenenfalls notiert, ob in der entsprechenden Zone außerhalb der Probenfläche vereinzelter Pflanzenwuchs vorhanden war.

Da sich infolge der starken anorganischen Trübe des Seewassers die assimilierenden Pflanzenteile weitgehend an der Wasseroberfläche konzentrieren (siehe Abb. 5), läßt sich auf die angeführte Weise ohne weitere Hilfsmittel und verhältnismäßig schnell eine Bestandsaufnahme durchführen. Nur an weichschlammreichen Standorten direkt in Schilfnähe konnten wir mehrfach einen dichteren Unterwuchs von *Potamogeton pectinatus* L. feststellen, dessen Deckungsgrad nur schwer festzulegen war. Die verstreut stehenden Horste von *Myriophyllum* lassen nach unserer Erfahrung eine genauere Dichteschätzung zu als die fleckenartigen Ansammlungen von *Potamogeton*.

Insgesamt bleibt zu bedenken, daß die erlangten Schätzwerte ein Ergebnis darstellen, das von mehreren Bedingungen, wie Wasserstand, Wassertrübe und Wellengang, die zur Zeit der Aufnahme herrschen, beeinflußt wird. Zu einer orientierenden Erfassung der Artenverteilung und der Bewuchsdichte hat sich die Methode jedoch sehr gut bewährt.

Unseren Karten liegen Aufnahmen zugrunde, die an 3 Tagen mit sehr ruhigem Wasserspiegel in der Zeit vom 10.—23. Juli 1970 durchgeführt wurden. Während dieser Periode ist der Makrophytengürtel optimal ausgebildet.

Eine Aufnahme des südlichsten Seeteiles konnte erst Mitte September durchgeführt werden. Da zu diesem Zeitpunkt der Bewuchs bereits im Rückgang begriffen war und zudem am Tag

der Aufnahme ungünstigere Wetterbedingungen herrschten, wurden diese Ergebnisse nicht in die Kartendarstellungen (Abb. 3 und 4) miteinbezogen. Weiters konnten aus zeitlichen Gründen einige Buchten nicht kartiert werden und blieben in den Detaildarstellungen ebenfalls unberücksichtigt.

4. Ergebnisse

4.1. Ausbildung des Makrophytengürtels

Für den submersen Makrophytengürtel, der an die Schilfzone anschließt, sind nur zwei Arten typisch: *Myriophyllum spicatum* L. und *Potamogeton pectinatus* L. Drei weitere submerse Arten, *Ceratophyllum demersum* L., *Chara ceratophylla* Wallr. und *Najas marina* L. kommen an wenigen, stark geschützten Standorten in unmittelbarer Schilfnähe vor und konnten daher im Rahmen dieser Arbeit vernachlässigt werden (Fundortangaben dieser drei Arten bei Weisser 1970).

Diese, im Vergleich zu anderen Seen, sehr geringe Artenzahl und das Fehlen einer dem Schilf vorgelagerten Characeen- und Schwimmblattpflanzenzone weist den extremen ökologischen Charakter der freien Seefläche aus.

Trotz der geringfügigen Unterschiede in der Wassertiefe des offenen Sees ist der submerse Makrophytenbewuchs auf eine dem Schilfgürtel vorgelagerte Zone beschränkt. Die zentrale Seefläche selbst ist frei von Bewuchs, wenn man von ganz vereinzelt vorkommenden *Potamogeton*-Ringen absieht (siehe weiter unten).

Entlang des Nord- und Westufers erreichen die Laichkrautbestände stellenweise eine Breite von 1 km und mehr. Dichtere Bestände sind allerdings auf geschützte Buchten beschränkt. Eine Ausnahme bildet lediglich das Nordwestufer (im Bereich von Weiden bis zum Purbacher Kanal), wo sich ein dichter Bewuchs mehrere hundert Meter in die offene Seefläche vorschiebt (Abb. 1).

Die Vegetationsverhältnisse am Ostufer weisen gegenüber den übrigen Uferbezirken auffällige Unterschiede auf. Die Pflanzenzone ist schmäler und der Bewuchs schütterer. Besonders hervorstechend ist aber das Zurücktreten von *M. spicatum*.

Der für das Ostufer in Abb. 1 eingezeichnete Pflanzengürtel von etwa 300 m Breite repräsentiert vornehmlich einen Bereich, in dem regelmäßig *Potamogeton*-Ringe anzutreffen sind, deren Deckungsgrad jedoch sehr gering bleibt.

Dieser abweichende ökologische Charakter des Ostufers kommt auch in der Verteilung der Bodenfauna (Schiemer, Löffler, Dollfuss 1969) und im Schilfbewuchs (Weisser 1970) zum Ausdruck.

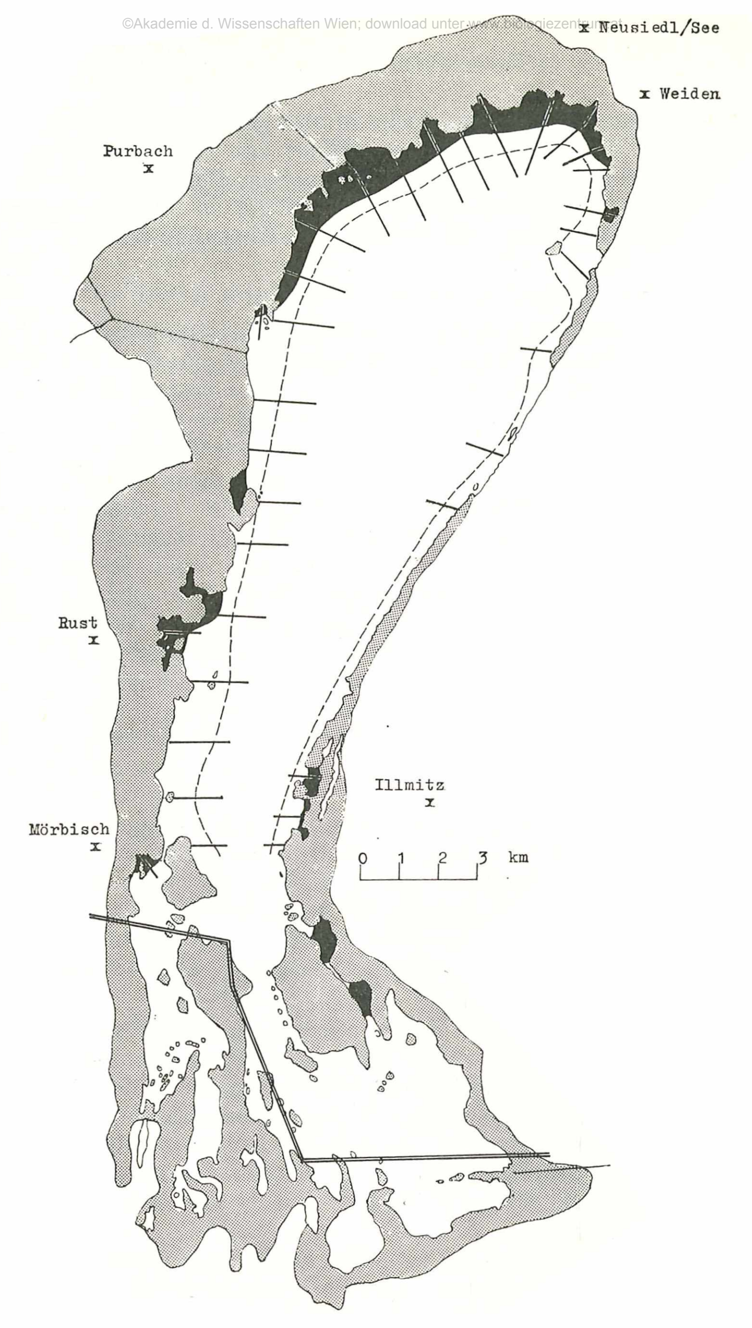


Abb. 1: Ausbildung der Makrophytenzone im Neusiedler See. Punktierte Fläche = Schilfzone, schwarz angelegte Flächen = 20% Pflanzenbedeckung und mehr, strichlierte Linie = Grenze der Makrophytenzone.

Die Dichte der Pflanzendecke nimmt generell zur Seemitte ab, jedoch liegt der Schilfwand vorgelagert oft ein schmaler Gürtel (bis etwa 100 m Breite) mit nur schwachem Bewuchs (SAUERZOPF 1968). Dieses Phänomen, das besonders gut in Abb. 6 erkennbar ist, konnten wir vorwiegend entlang des Westufers feststellen.

4.2 Verteilungsmuster der einzelnen Arten

Der Beschreibung des großräumigen Verteilungsmusters seien einige Bemerkungen über die Bestandskonfiguration der beiden Arten vorausgeschickt. Die Horste von *M. spicatum* stehen meist einzeln und mehr oder weniger unregelmäßig verteilt (Abb. 5). Die Konfiguration der *Potamogeton*-Bestände wechselt je nach Standort:

Direkt am Schilfrand können geschlossene Bestände mit beträchtlichem Unterwuchs ausgebildet sein (gebietsweise am Nordwest- und Ostufer). Häufiger sind Laichkrautflecken von einigen Metern Durchmesser, die gegen den freien See zu in die bekannten Ringbildungen übergehen. Diese Bildungen sind, ihrer Verteilung im See nach zu schließen, eine Folge extremerer ökologischer Verhältnisse, unter denen die peripher liegenden Sprosse günstigere Bedingungen vorfinden. Pflanzen im Inneren der Ringe weisen — wenn vorhanden — eine viel schwächere Wuchsform auf. Dies zeigte sich deutlich an den Ringen entlang des Ostufers, die besonders gut ausgeprägt sind (maximaler gemessener Ringdurchmesser 70 m).

VARGA (1931) sieht die Ursache dieser Bildungen darin, daß sich infolge einer herabgesetzten Wellenwirkung im Inneren eines Bestandes die anorganische Trübe leichter absetzen kann als in den Randbezirken und durch die stärkere Verschlammung die Assimilationsleistung der zentralen Sprosse herabgesetzt wird. Eine experimentelle Bestätigung dieser Annahme steht noch aus.

Die Verbreitung von *P. pectinatus* und *M. spicatum* überschneidet sich weitgehend, jedoch weisen graduelle Verschiebungen im Deckungsgrad sowie zonenweise ausgebildete Reinbestände auf Unterschiede in den ökologischen Ansprüchen der beiden Arten hin. Pflanzensoziologisch entsprechen diese Mischbestände dem *Myriophyllo-Potametum* (SOO 1934), wobei die Reinbestände zur Fazies *myriophylletosum spicati* bzw. *potametosum pectinati* gerechnet werden (KARPATI, I., V KARPATI und G. BORBELY 1971 und WEISSER 1970).

Die Vegetationsabfolge von der Schilffront gegen den freien See zu läßt sich modellhaft an dem breiten Pflanzengürtel des Nordwestufers studieren (Abb. 2):

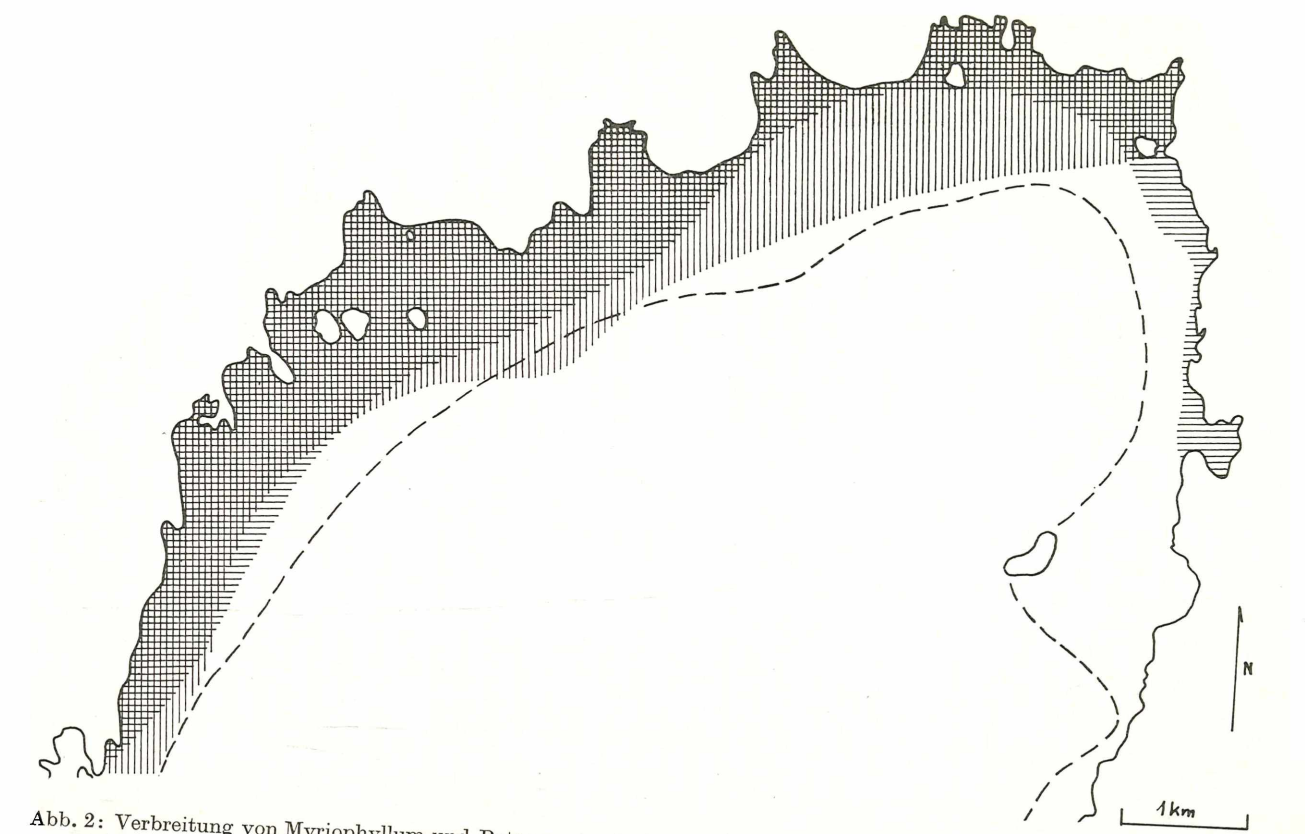


Abb. 2: Verbreitung von Myriophyllum und Potamogeton im Nordteil des Sees. Vertikaler Raster = Myriophillum, horizontaler Raster = Potamogeton (Areale mit über 1% Deckung). Strichlierte Linie = Grenze der Zone, in der regelmäßig Potamogeton-Ringe auftreten.

An den Schilfgürtel schließen dichte Mischbestände von *P. pectinatus* und *M. spicatum* an. Seewärts zu gewinnt *M. spicatum* immer mehr an Bedeutung und kann einige hundert Meter vom Schilf entfernt in Reinbeständen auftreten, von deren Dichte Abb. 5 einen Eindruck gibt. Ein allmähliches Ausklingen dieser *Myriophyllum*-Zone fällt mit einem regelmäßigeren Auftreten von *Potamogeton*-Ringen zusammen, die im allgemeinen die äußere Grenze des Makrophytengürtels bilden. Diese Grenze ist allerdings nicht scharf, da auch im Bereich des offenen Sees ganz vereinzelt Ringe auftreten können.

Die großräumige Zonierung der beiden Arten — unter Berücksichtigung ihrer Dichteverteilung — ist in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt. Sowohl *M. spicatum* als auch *P. pectinatus* bilden im Nordteil des Sees weitflächige, dichte Bestände aus. Entlang des Westufers wird der Bewuchs beider Arten schütterer bzw. erreicht nur in Buchten größere Dichten.

Entlang des Ostufers kommt fast ausschließlich *P. pectinatus* vor. Neben gebietsweise dichteren Beständen in unmittelbarer Ufernähe formiert sie hier eine Zone locker stehender Ringe. *M. spicatum* konnte nur im Windschatten (= östlich) des Podersdorfer Schoppens und in den zwei tieferen Buchten nördlich von Illmitz festgestellt werden.

Unsere Beobachtungen über den südlichen Seeteil sind — wie eingangs hervorgehoben — lückenhafter. Es scheint weitgehende Ähnlichkeit mit den Vegetationsverhältnissen des Nordufers zu bestehen, was auch mit der Verteilung der Bodenfauna übereinstimmt (SCHIEMER, LÖFFLER und DOLLFUSS 1969). Andererseits ist der gesamte Südteil des Sees ein ökologisch so deutlich abgegrenzter Bezirk (siehe z. B. Chemismus — NEUHUBER 1971 —, Plankton — DOKULIL, in Vorbereitung), daß eine eingehendere Analyse der Vegetationsverhältnisse nachgeholt werden sollte.

In der folgenden Tabelle sind die von *M. spicatum* und *P. pectinatus* besiedelten Flächenanteile zusammengestellt. Die Angaben beziehen sich auf den in den Abb. 3 und 4 dargestellten nördlichen Seeteil, wobei die nicht kartierten Buchten ausgeklammert wurden. Der berücksichtigte Seeteil (115 km^2) entspricht 85% der gesamten schilffreien Seefläche.

Von *P. pectinatus* wurden nur die Zonen mit geschlossenen Beständen (dichter Raster in Abb. 4) ausgemessen, da die Bezirke mit einzelnen *Potamogeton*-Ringen (lockerer Raster in Abb. 4) nur schwer abgrenzbar sind und ihr Anteil an der Gesamtbiomasse der Makrophyten im See sehr gering sein dürfte.

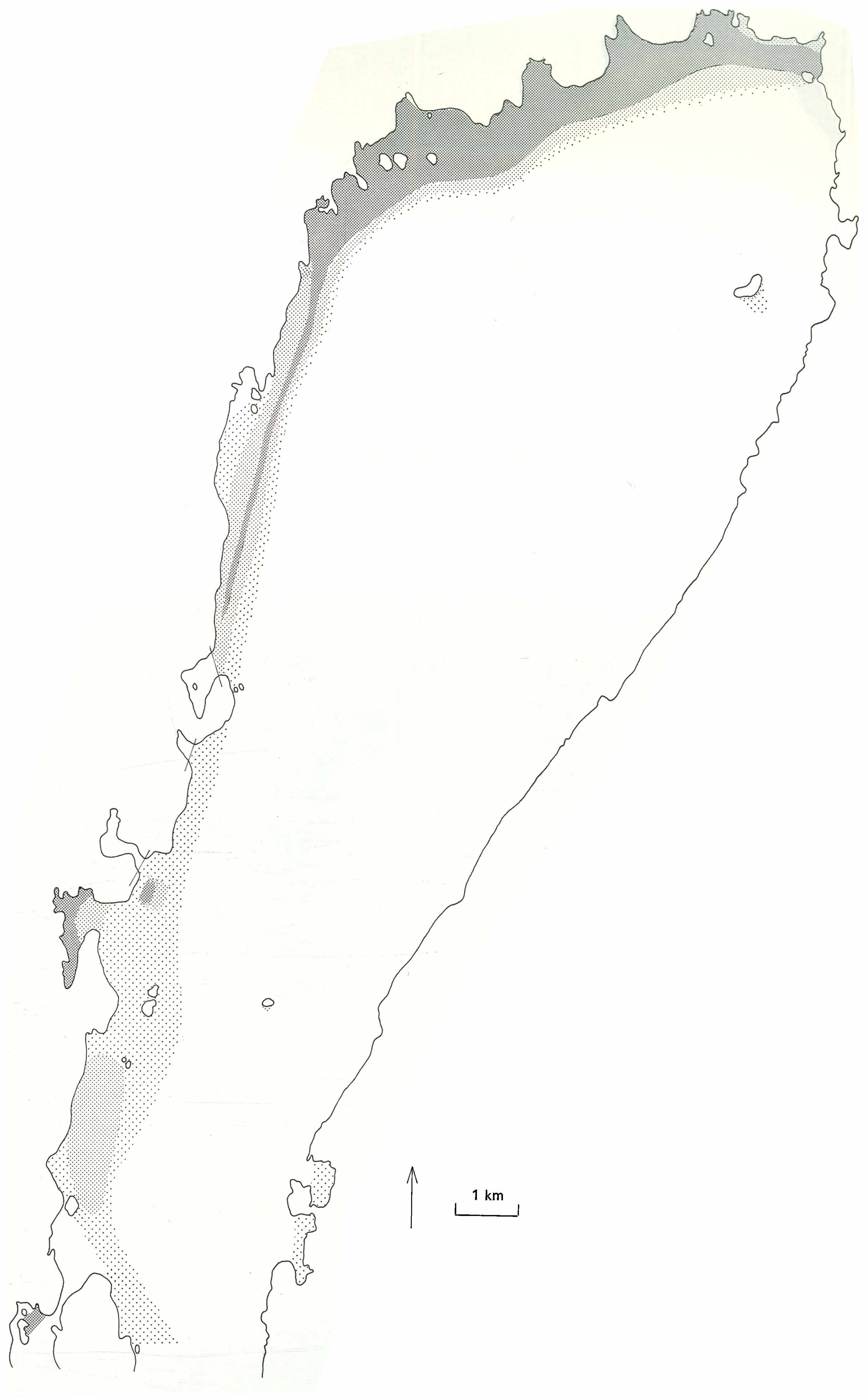


Abb. 3: Verbreitung von Myriophyllum. Enger Raster = über 5% Deckung, mittlerer Raster = 1—5% Deckung, weiter Raster = unter 1% Deckung.

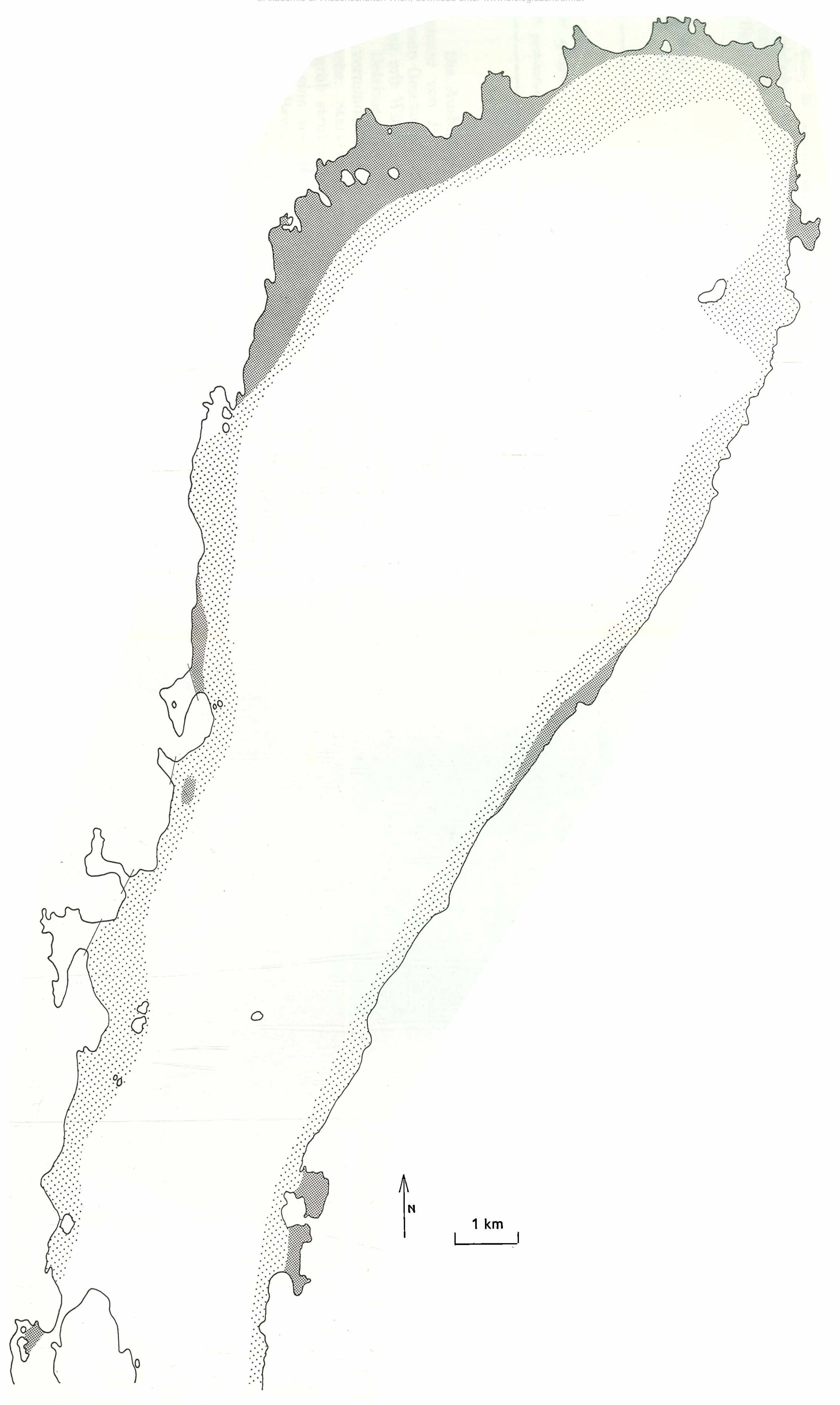


Abb. 4. Verbreitung von Potamogeton. Enger Raster = über 1% Deckung, weiter Raster = unter 1% Deckung (vor allem Potamogeton-Ringe).

Von *M. spicatum*, die eine exaktere Schätzung der Besiedlungsdichte zuläßt, wurden in Übereinstimmung mit der graphischen Darstellung (Abb. 3) drei Dichtezonen unterschieden (Deckung >5%, 1—5%, vereinzelt).

Tabelle 1.

Ausmaß der von *M. spicatum* und *P. pectinatus* besiedelten Flächen im Nordteil des Sees. Flächenanteile in verschiedene Deckungsgrade aufgeteilt (siehe Text).

<table>
<tr><th></th><th>> 5% Deckung</th><th>1—5% Deckung</th><th>vereinzelt</th></tr>
<tr><td>M. spicatum.</td><td>8,0 km²</td><td>5,5 km²</td><td>9,6 km²</td></tr>
<tr><td>P. pectinatus</td><td colspan="2">8,0 km²</td><td>nicht vermessen</td></tr>
</table>

5. Diskussion

Die Ausbildung der Makrophytenzone und das Verteilungsmuster von *P. pectinatus* und *M. spicatum* im Neusiedler See lassen Gesetzmäßigkeiten erkennen, die in deutlichem Zusammenhang mit Wind- und Bodenverhältnissen stehen.

Detritusreiche Weichschlammablagerungen in Kombination mit verminderter Turbulenz begünstigen einen dichten Pflanzenbewuchs. Stärkere Exposition gegenüber Wellenschlag, festes oder grob strukturiertes Substrat haben negativen Einfluß. Dies zeigen eine seewärts abnehmende Pflanzenbedeckung und der geringere Bewuchs entlang des Ostufers des Sees.

Von den zwei bestandsbildenden Arten besitzt *M. spicatum* die engeren Verbreitungsgrenzen, wie vor allem ihr Fehlen am Ostufer zeigt. *P. pectinatus* tritt in sehr unterschiedlicher Dichte und Bestandskonfiguration im Gebiet der gesamten freien Seefläche auf und ist auch innerhalb des Schilfgürtels weiter verbreitet als *M. spicatum* (siehe Weisser 1970).

Trotz dieser weiteren ökologischen Amplitude kommt — wie Tabelle 1 zeigt — *P. pectinatus* ein arealsmäßig geringerer Anteil zu als der zweiten Art.

Ob das festgestellte Verteilungsmuster einigermaßen stabil ist oder im Laufe mehrerer Jahre stärkeren Veränderungen unterliegt, läßt sich nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen schwer beurteilen. Seit 1967 — dem Beginn der limnologischen Untersuchungen des Neusiedler Sees im Rahmen des I. B. P. — hat

sich die Ausbildung des Makrophytengürtels zumindest nicht wesentlich verändert.

Es ist jedoch anzunehmen, daß die bekannten mehrjährigen Fluktuationen im Wasserhaushalt des Sees, die den limnologischen Charakter weitgehend beeinflussen (Chemismus, Trübung), eine starke Vegetationsdynamik verursachen können.

Bei einer Kausalanalyse der Makrophytenverteilung sollte demnach auch die unmittelbare ökologische Vorgeschichte des Sees mitberücksichtigt werden, da denkbar ist, daß Niederwasserperioden die Ansiedlung von Pflanzen in Gebieten ermöglichte, wo unter den heutigen Bedingungen solche Bestände nicht aufkommen können und vice-versa (Potamogetonringe der freien Seefläche?).

Einige Hinweise auf stattfindende Veränderungen erlaubt eine Flugaufnahme des Kartographischen Institutes Wien vom Juli 1958, die den Raum nördlich von Mörbisch erfaßt (Abb. 6). Bei prinzipieller Übereinstimmung der Breite und Abfolge des Gürtels zeigt der Vergleich mit unserer Aufnahme, daß die Dichte von *P. pectinatus* in diesem Gebiet seit 1958 stark zurückgegangen ist. Dies könnte mit den entsprechenden Pegelständen in Zusammenhang gebracht werden, die 1958 im Monatsmittel um durchschnittlich 50 cm niedriger waren als 1970 (Jahresmittel 1958: 102 cm; 1970: 165 cm; ein markanter Anstieg war 1965 zu verzeichnen).

Da den Laichkrautbeständen auch praktische Bedeutung zukommt (z. B. in der Fischerei), sollte bei künstlichen Eingriffen in den Wasserhaushalt des Sees (siehe KOPF 1967) auch die Frage möglicher Vegetationsveränderungen in Betracht genommen werden.

6. Zusammenfassung

Potamogeton pectinatus L. und *Myriophyllum spicatum* L. bilden in der schilffreien Seefläche des Neusiedler Sees einen breiten, dem Schilf vorgelagerten Pflanzengürtel aus. Die Ausdehnung dieses Gürtels, die Dichte der Bestände sowie die Verteilung der beiden Arten wurden unter Anwendung eines Schätzverfahrens nach BRAUN-BLANQUET im Sommer 1970 bestimmt.

Die Artenverteilung und die Begrenzung des Makrophytengürtels gegen die freie Seefläche zu, scheint vor allem von der Wellenwirkung (vorwiegende Windrichtung NW) und der damit in Beziehung stehenden Bodenstruktur verursacht zu werden.

Im Bewuchs des Nord- bzw. Westufers einerseits und des Ostufers andererseits bestehen auffällige Unterschiede, die eine

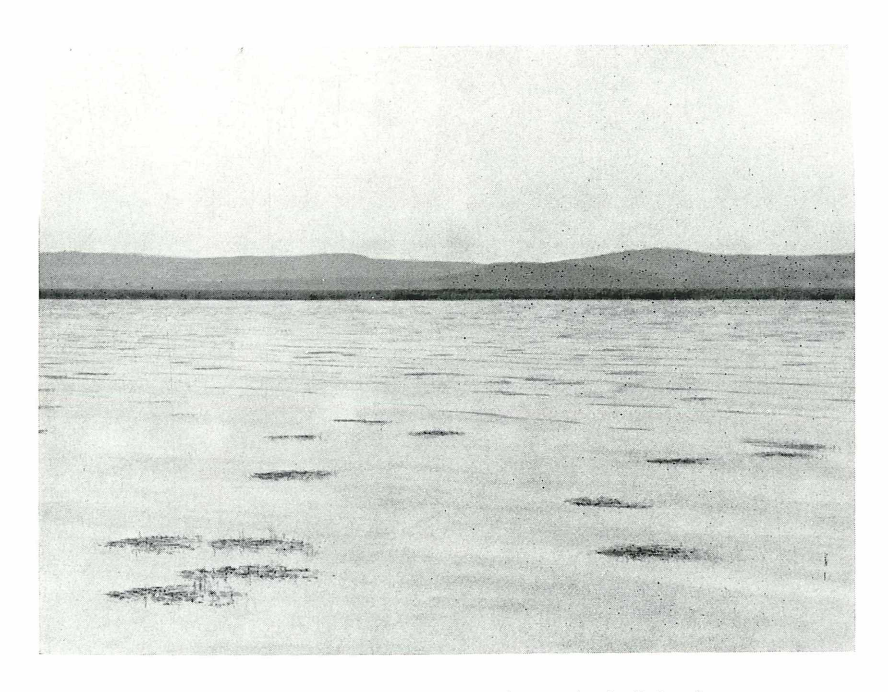


Abb. 5: Myriophyllum-Reinbestände im Nordteil des Sees.

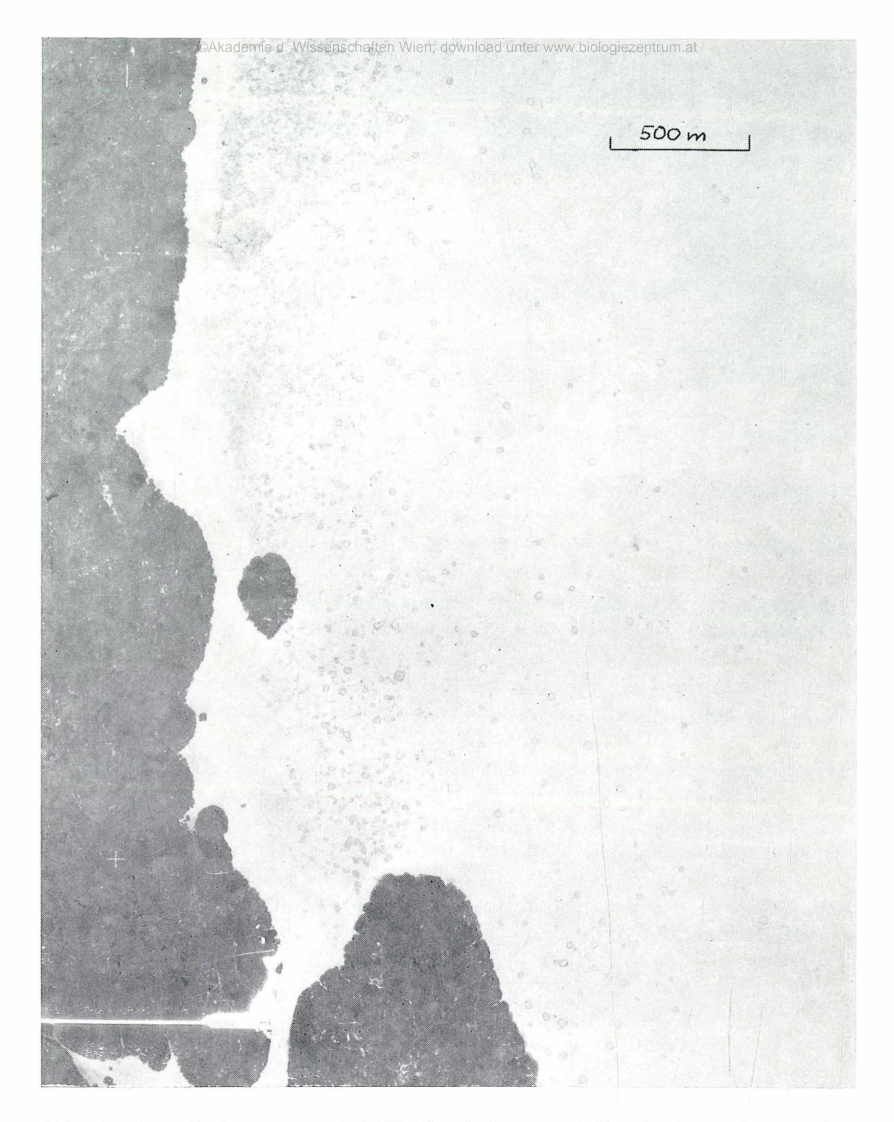


Abb. 6: Flugaufnahme vom Juli 1958. Vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien; G. Z. L 63.189/70.

Das Bild zeigt den Makrophytenbewuchs am Westufer des Sees zwischen Mörbisch und Rust (links unten Seestraße von Mörbisch). Geschlossene, dunkle Flächen = Schilf). Es sind sehr gut die Potamogetonringe zu erkennen, deren Zahl gegen die freie Seefläche zu abnimmt.

Parallele zur Verteilung der Bodenfauna darstellen (SCHIEMER, LÖFFLER und DOLLFUSS 1969).

Das Verteilungsmuster läßt eine ökologische Differenzierung der beiden Arten erkennen, wobei *M. spicatum* die engeren Verbreitungsgrenzen aufweist.

7. Literatur

BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. 3. Auflage, Springer Verlag, Wien—New York.

KARPATI, I., V. KARPATI und G. BORBELY, 1971: Die Vegetation der ständig und zeitweilig überfluteten Teile des Neusiedler Sees. Sitz.-Ber. d. Österr. Akad. d. Wiss. (in Druck).

KOPF, F., 1967: Die Rettung des Neusiedler Sees. Österr. Wasserwirtschaft 19, 139—151.

LÖFFLER, H., 1971: Beitrag zur Kenntnis der Neusiedler See-Sedimente. Sitz.-Ber. d. Österr. Akad. d. Wiss. (in Druck).

NEUHUBER, F., 1971: Ein Beitrag zum Chemismus des Neusiedler Sees. Sitz.-Ber. d. Österr. Akad. d. Wiss. (in Druck).

SAUERZOPF, F., 1968: Die Verbreitung von *Schoenoplectus litoralis* SCHRADER, 1806 im österreichischen Neusiedler See. Wiss. Arb. Burgenland 40, 45—51.

SCHIEMER, F., H. LÖFFLER und H. DOLLFUSS, 1969: The benthic communities of Neusiedler See (Austria). Verh. Internat. Verein. Limnol., 17, 201 bis 208.

TAUBER, A. F. und P. WIEDEN, 1959: Zur Sedimentschichtfolge im Neusiedler See. Wiss. Arb. Burgenland 23, 68—73.

VARGA, L., 1931: Interessante Formationen von *Potamogeton pectinatus* L. im Fertö (Neusiedler See). Arb. d. Ung. Biol. Forschungsinstitutes (Tihany), 4, 349—355.

WEISSER, P., 1970: Die Vegetationsverhältnisse am Neusiedler See. Pflanzensoziologische und ökologische Studien. Wiss. Arb. Burgenland, Heft 45.